

Rec'd PCT/PTO 22 AUG 2003 12 83. 2004

10/546625



REC'D 20 APR 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 07 511.9

**Anmeldetag:**

21. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:**

KNORR-BREMSE Systeme für Nutzfahrzeuge  
GmbH, 80809 München/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Vorrichtung zur computergestützten  
Schätzung der Masse eines Fahrzeugs, insbesonde-  
re eines Nutzfahrzeugs

**IPC:**

G 06 F 17/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hoß

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**



KNORR-BREMSE Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH

Unser Zeichen : EM 2763/Knorr\_60

07.02.2003

**Verfahren und Vorrichtung zur computergestützten Schätzung der Masse eines  
Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs**

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur computergestützten Schätzung der Masse eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs gemäß Anspruch 1 und Anspruch 11.

Bei elektronischen Fahrzeugsystemen wie beispielsweise elektronischen Stabilitätssystemen (ESP) zur Regelung des Fahrverhaltens im fahrdynamischen Grenzbereich oder elektronisch geregelten Bremssystemen (EBS) für Nutzfahrzeuge wird generell ein Wert für die Masse des Fahrzeugs benötigt. Da zur Masseermittlung in der Regel keine Sensoren vorhanden sind, muss die Fahrzeugmasse durch geeignete Algorithmen berechnet bzw. geschätzt werden.

Aus dem Stand der Technik ist ein Verfahren bekannt, welches auf der Gleichgewichtsbeziehung zwischen der Antriebskraft (F) einerseits und der Beschleunigungskraft und dem Steigungswiderstand basiert. Diese Gleichgewichtsbeziehung lautet :

$$F = m \cdot (a + g \cdot \sin \alpha) \quad (1)$$

mit

F Antriebskraft,

a zeitliche Ableitung der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit,

$\alpha$  Steigungswinkel der Fahrbahn,

g Erdbeschleunigung

m Fahrzeugmasse

In Gleichung (1) wird die Beschleunigungskraft durch das Produkt  $m \cdot a$  und der Steigungswiderstand durch das Produkt  $m \cdot g \cdot \sin \alpha$  repräsentiert. Zur Berechnung der Masse  $m$  des Fahrzeugs wird die Gleichung (1) daher nach  $m$  aufgelöst und die momentanen Werte für  $F$ ,  $a$  und  $\alpha$  aus gemessenen Größen bestimmt. Da der Steigungswinkel  $\alpha$  der jeweils befahrenen Fahrbahn nicht bekannt ist, wird er in der Regel während Kupplungsphasen oder während Phasen ohne bzw. sehr geringer Antriebskraft computergestützt geschätzt. Bei Einsatz von Wandlerkupplungen oder Lastschaltgetrieben sind solche Freilaufphasen jedoch nicht mehr vorhanden, so dass eine hinreichend genaue Abschätzung der Fahrzeugmasse schwierig ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt demzufolge die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur computergestützten Schätzung der Masse  $m$  eines Fahrzeugs der eingangs erwähnten Art derart weiterzubilden, dass die vorstehend genannten Nachteile vermieden werden. Darüber hinaus soll eine Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens zur Verfügung gestellt werden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 und Anspruch 11 gelöst.

Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, Änderungen des Betriebszustandes des Fahrzeugs über der Zeit  $t$  für die Schätzung der Fahrzeugmasse auszuwerten. Bei Fahrt eines Fahrzeugs entlang einer beliebigen Fahrstrecke ist der Steigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn eine Funktion der Zeit  $t$ . Differenziert man Gleichung (1) nach der Zeit  $t$ , ergibt sich die folgende Gleichung :

$$\dot{F} = m \cdot (\dot{a} + g \cdot \dot{\alpha} \cdot \cos \alpha) \quad (2)$$

Unter der Annahme, dass die Änderung des Steigungswinkels  $\alpha(t)$  im betrachteten Zeitintervall  $dt$  sehr klein ist, soll der Einfluß des Steigungswinkels  $\alpha(t)$  minimiert bzw. eliminiert werden. Dann gilt  $\dot{\alpha} = d\alpha/dt \approx 0$  und Gleichung (2) lautet wie folgt :

$$\dot{F} = m \cdot \dot{a} \quad (3)$$

Durch die zeitliche Ableitung von Gleichung (2) konnte in Gleichung (3) folglich der  
 5 Einfluß des als zeitweise konstant angenommenen Steigungswinkels  $\alpha$  in vorteilhafter  
 Weise eliminiert werden, so dass der Steigungswinkel  $\alpha$  nicht geschätzt, berechnet oder  
 mittels eines kostenverursachenden Sensors gemessen werden müßte.

Gleichung (3) aufgelöst nach dem Schätzwert  $\hat{m}$  der Fahrzeugmasse lautet dann :

$$\hat{m} = \frac{\dot{F}}{\dot{a}} \quad (4)$$

Gleichung (4) bildet somit die Schätzgleichung für die Masse  $m$  des Fahrzeugs. Die  
 Berechnung der Schätzgleichung erfolgt vorzugsweise kontinuierlich, beispielsweise  
 15 mittels rekursiver Verfahren. Die verwendeten rekursiven Algorithmen können sog.  
 Vergessensfaktoren beinhalten, mit denen sich das Verhalten des Algorithmus einstellen  
 läßt. Die Vergessensfaktoren werden in geeigneten Situationen, z.B. während längerer  
 Stillstandszeiten, in denen sich die Masse  $m$  des Fahrzeugs ändern könnte, in Richtung  
 schnellere Konvergenz verstellt.

Zur Abschätzung von  $m$  gemäß Gleichung (4) sind die Größen  $F$  und  $a$  bzw.  $\dot{F} = dF/dt$   
 und  $\dot{a} = da/dt$  zu bestimmen.

Die Antriebskraft  $F$  beinhaltet unter anderem die bekannten Fahr- und Antriebswiderstände,  
 25 entstehend beispielsweise durch Reibungsverluste im Motor und Getriebe etc., und/oder  
 Dauerbremskräfte :

$$F = \frac{M \cdot \omega - \Theta \cdot \dot{\omega}}{v} \cdot \eta - 1/2 \rho \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 \quad (5)$$

mit :

M	Motormoment einschließlich Reibmoment
$\omega$	Motordrehzahl
v	Fahrzeuggeschwindigkeit
5 A	Stirnfläche des Fahrzeugs
$\eta$	Antriebsstrangwirkungsgrad
$\theta$	Trägheitsmoment des Motors
$\rho$	Dichte der Luft
$c_w$	Luftwiderstandsbeiwert.

Die Größen in Gleichung (5) beinhalten folglich fahrzeugspezifische Größen wie beispielsweise das Trägheitsmoment des Motors  $\theta$ , den Luftwiderstandsbeiwert  $c_w$ , die Stirnfläche A und den Antriebsstrangwirkungsgrad  $\eta$  des Fahrzeugs. Die fahrzeugspezifischen Größen sind vorzugsweise in einer Speichereinheit eines Steuergeräts des Fahrzeugs gespeichert. Weiterhin beinhaltet Gleichung (5) meßbare oder in dem Steuergerät des Fahrzeugs ständig abrufbare Größen betreffend die momentanen Fahrbedingungen des Fahrzeugs wie das Motormoment M, die Motordrehzahl  $\omega$ , die Fahrzeuggeschwindigkeit v und die Dichte  $\rho$  der Umgebungsluft. Aus den genannten Daten bzw. Größen kann eine Berechnungseinheit, vorzugsweise das Steuergerät des Fahrzeugs selbst, die Antriebskraft F und die Beschleunigung a berechnen.

Der Ausdruck  $\dot{a}$  im Nenner von Gleichung (5) ist die Ableitung der Fahrzeugbeschleunigung a nach der Zeit t und wird als Ruck bezeichnet. Folglich kann eine Schätzung der Masse m nur während geeigneter Phasen erfolgen, in welchen  $da/dt$  und  $dF/dt$  ungleich 0 ist.

Die Differenziation der Größen F und a durch das Steuergerät erfolgt mit geeigneten Verfahren wie beispielsweise dem Zweipunkt-Differenziations-Verfahren oder einem Zustandsvariablen-Filter, wobei die Ableitung vorzugsweise über längere Zeitabstände erfolgt. Um die Genauigkeit der Schätzung zu verbessern, können die differenzierten



Größen anschließend gefiltert werden. Vorzugsweise mittels eines Least-Square-Algorithmus wird dann der Schätzwert  $\hat{m}$  für die Fahrzeugmasse wie folgt errechnet :

$$\hat{m} = \frac{\sum_{i=1}^N \dot{F}_i \cdot \dot{v}_i}{\sum_{i=1}^N \dot{v}_i \cdot \dot{v}_i} \quad (6)$$

mit  $i$  als Index für den  $i$ -ten Massenwert. Die gemessenen Größen wie beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit  $v$  werden beispielsweise geeignet gewichtet, wobei die Gewichtung abhängig von der Genauigkeit der gemessenen Größen erfolgt. Weiterhin können die gemessenen Größen betreffend die momentanen Fahrbedingungen des Fahrzeugs abhängig von der Signalgüte gefiltert werden. Darüber hinaus können die Größen betreffend die momentanen Fahrbedingungen des Fahrzeugs mehrmals gemessen und die Messungen unterschiedlich gewichtet werden.

Je nach Qualität der Meßgrößen für die Fahrgeschwindigkeit  $v$  und die Kraft  $F$  kann es günstiger sein, anstatt  $\hat{m}$  den reziproken Wert  $1/\hat{m}$  zu berechnen. Alternativ hierzu könnte sowohl ein Wert für  $\hat{m}$  als auch der reziproke Wert  $1/\hat{m}$  berechnet und ein gewichteter Mittelwert gebildet werden.

Die Erfindung umfasst neben dem Verfahren auch eine Vorrichtung zur computergestützten Masseschätzung eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs. Diese Vorrichtung beinhaltet eine Berechnungseinheit zur Berechnung der Masse des Fahrzeugs und/oder des reziproken Werts der Masse aus der Gleichgewichtsbeziehung zwischen der Antriebskraft  $F$  und den Fahrwiderständen, in welche als Berechnungsgrößen die Masse  $m$  und der Steigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn eingehen, nach einem computergestützten Differenzieren der Gleichgewichtsbeziehung nach der Zeit unter der Annahme, dass der Steigungswinkel  $\alpha$  konstant ist. Diese Berechnungseinheit ist vorzugsweise in das Steuergerät des Fahrzeugs integriert.

KNORR-BREMSE Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH

Unser Zeichen : EM 2763/Knorr\_60

07.02.2003

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur computergestützten Schätzung der Masse eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, basierend auf der Gleichgewichtsbeziehung zwischen der Antriebskraft  $F$  und der Summe aus Trägheitskraft und den Antriebswiderständen, in welcher als Größen die Masse  $m$  und ein Steigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn enthalten sind, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte :

a) Computergestütztes Differenzieren der Gleichgewichtsbeziehung nach der Zeit unter der Annahme, dass der Steigungswinkel  $\alpha$  konstant ist;

- b) Berechnen der Masse  $m$  des Fahrzeugs und/oder des reziproken Werts  $1/m$  aus der nach der Zeit differenzierten Gleichgewichtsbeziehung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebswiderstände durch die Summe einer von der Masse  $m$  abhängigen Beschleunigungs- oder Verzögerungskraft und einer vom Steigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn abhängigen Steigungs- oder Gefällekraft gebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Masse  $m$  aus der Beziehung  $m = \frac{dF/dt}{da/dt}$  berechnet wird, wobei  $a$  die zeitliche Ableitung der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und  $F$  die Antriebskraft des Fahrzeugs ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebskraft  $F$  und die Beschleunigung oder Verzögerung  $a$  aus gemessenen Größen bestimmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessenen Größen in einem Steuergerät des Fahrzeugs verfügbar sind.

KNORR-BREMSE Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH

Unser Zeichen : EM 2763/Knorr\_60

07.02.2003

5

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur computergestützten Schätzung der Masse eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, basierend auf der Gleichgewichtsbeziehung zwischen der Antriebskraft  $F$  und der Summe aus Trägheitskraft und den Antriebswiderständen, in welcher als Größen die Masse  $m$  und ein Steigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn enthalten sind. Das Verfahren ist durch folgende Schritte gekennzeichnet :

10

- a) Computergestütztes Differenzieren der Gleichgewichtsbeziehung nach der Zeit unter der Annahme, dass der Steigungswinkel  $\alpha$  konstant ist;
- b) Berechnen der Masse  $m$  des Fahrzeugs und/oder des reziproken Werts  $1/m$  aus der nach der Zeit differenzierten Gleichgewichtsbeziehung.

15

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessenen Größen abhängig von der Signalgüte gefiltert werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessenen Größen mehrmals gemessen und die Messungen unterschiedlich gewichtet werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das computergestützte Differenzieren der Gleichgewichtsbeziehung kontinuierlich und mittels rekursiver Verfahren durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das computergestützte Differenzieren der Gleichgewichtsbeziehung nach der Zweipunkt-Differenziation oder mittels eines Zustandsvariablen-Filters erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sowohl die Masse  $m$  als auch die reziproke Masse  $1/m$  berechnet und ein gewichteter Mittelwert gebildet wird.
11. Vorrichtung zur computergestützten Masseschätzung eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, beinhaltend eine Berechnungseinheit zur Berechnung der Masse  $m$  des Fahrzeugs und/oder des reziproken Werts der Masse  $m$  aus der Gleichgewichtsbeziehung zwischen der Antriebskraft  $F$  und der Summe aus Trägheitskraft und den Antriebswiderständen, in welche als Berechnungsgrößen die Masse  $m$  und ein Steigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn eingehen, nach einem computergestützten Differenzieren der Gleichgewichtsbeziehung nach der Zeit unter der Annahme, dass der Steigungswinkel  $\alpha$  konstant ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungseinheit in ein Steuergerät des Fahrzeugs integriert ist.